

## Blutpumpe

**Publication number:** DE19625300 (A1)

**Publication date:** 1998-01-02

**Inventor(s):** RAU GUENTER PROF DR [DE]; REUL HELMUT PROF DR  
ING [DE]; SIES THORSTEN DIPL ING [DE]

**Applicant(s):** RAU GUENTER PROF DR [DE]; REUL HELMUT PROF DR  
ING [DE]; SIES THORSTEN DIPL ING [DE]

**Classification:**

- international: **A61M1/10; A61M1/10;** (IPC1-7): A61M1/12; A61M1/00;  
F04D13/06; F04D29/40

- European: A61M1/10C

**Application number:** DE19961025300 19960625

**Priority number(s):** DE19961025300 19960625

**Also published as:**

US6116862 (A)

JP2000513251 (T)

EP0907386 (A1)

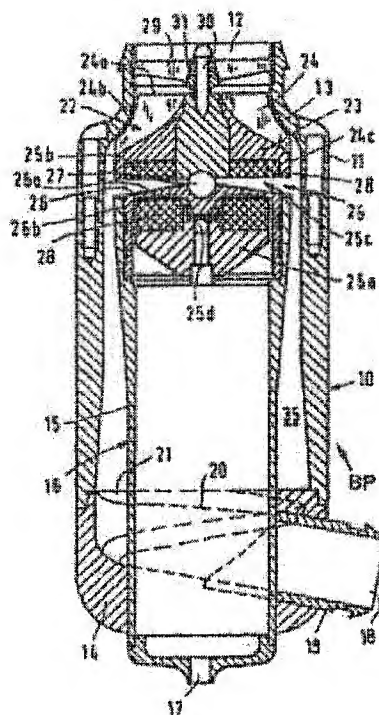
EP0907386 (B1)

WO9749439 (A1)

more >>

### Abstract of DE 19625300 (A1)

The blood pump (BP) has a longitudinal tubular pump housing (10) containing a motor (16) driving a pump wheel (22) and having an inlet (12) at one end and an outlet (18) at the opposite end. The motor (16) has a motor housing (15) sealed against the bloodstream. The pump wheel (22) is at the end of the motor housing (15) facing the inlet (22) and, together with a transition component (23) of the pump housing (10), forms a diagonal-flow rotation pump which generates an axial current passing around the motor housing (15). Thus the bloodstream passes solely between stationary components, thus reducing the risk of damage to the blood through shear forces.





⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 25 300 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**A 61 M 1/12**  
A 61 M 1/00  
F 04 D 13/06  
F 04 D 29/40

⑳ Aktenzeichen: 196 25 300.4  
㉔ Anmeldetag: 25. 6. 96  
㉕ Offenlegungstag: 2. 1. 98

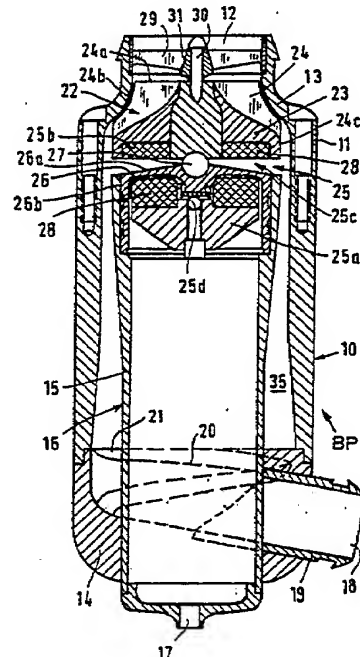
DE 196 25 300 A 1

㉑ Anmelder:  
Rau, Günter, Prof. Dr., 52066 Aachen, DE; Reul,  
Helmut, Prof. Dr.-Ing., 52353 Düren, DE; Sieß,  
Thorsten, Dipl.-Ing., 52072 Aachen, DE  
  
㉒ Vertreter:  
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,  
50667 Köln

㉓ Erfinder:  
gleich Anmelder

㉔ Blutpumpe

㉕ Die Blutpumpe (BP) weist ein langgestrecktes rohrförmiges Pumpengehäuse (10) auf, in dem ein Motor (16), der ein Pumpenrad (22) antreibt, angeordnet ist und das an einem Ende einen Einlaß (12) und am entgegengesetzten Ende einen Auslaß (18) aufweist. Der Motor (16) ist mit einem gegen den Blutstrom abgedichteten Motorgehäuse (15) versehen. Das Pumpenrad (22) befindet sich an dem dem Einlaß (12) zugewandten Ende des Motorgehäuses (15) und bildet zusammen mit einem Übergangsteil (13) des Pumpengehäuses (10) eine diagonal durchströmte Rotationspumpe, die einen das Motorgehäuse (15) umspülenden Axialstrom erzeugt. Der Blutstrom strömt dabei ausschließlich zwischen stationären Teilen, wodurch die Gefahr der Blutzersetzung durch Scherbeanspruchungen verringert ist.



DE 196 25 300 A 1

Die Erfindung betrifft eine Blutpumpe, vorzugsweise eine implantierbare Blutpumpe zum Unterstützen oder Ersetzen der links und/oder rechtsseitigen Herzfunktion.

Aus US 4,994,078 ist eine implantierbare Blutpumpe bekannt, die nach Art eines Schneckengehäuses ausgebildet ist, wobei der Stator des Motors in das Pumpengehäuse integriert ist, während der Rotor mit einem Pumpenrad fest verbunden ist und vom Blutstrom umspült wird. Das Blut strömt also durch das Innere des Motors hindurch, wobei die eine Wand des von dem Motor gebildeten Ringkanals stationär ist, während die andere Wand rotiert. Dadurch besteht dort die Gefahr von Blutschädigungen durch auftretende Scherkräfte.

EP 0 611 580 A2 beschreibt eine künstliche Herzpumpe, bei der ebenfalls der Rotor und der Stator des Motors vom Blut umspült sind. An der Auslaßseite befindet sich ein Pumpenrad, das als Radialpumpe ausgebildet ist und axial entlang des Stators angesaugtes Blut in einen umgebenden Ringkanal hineinpumpt, aus dem das Blut tangential austritt. Hierbei bestehen zwei Ansaugwege, nämlich der den Stator umgebende Hauptansaugweg und ein relativ enger Ringkanal zwischen Stator und Rotor. Auch hierbei besteht die Gefahr von Blutschädigung durch Scherkräfte.

Schließlich ist aus WO 94/09274 eine Blutpumpe bekannt, die einen schraubenförmigen Rotor aufweist, welcher einen Stator umgibt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Blutpumpe zu schaffen, in der Blutschädigungen und Thrombenbildung weitgehend vermieden werden.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen.

Bei der erfindungsgemäßen Blutpumpe ist in einem langgestreckten Pumpengehäuse der Motor als geschlossene Einheit koaxial untergebracht, wobei zwischen dem Pumpengehäuse und dem Motorgehäuse ein Ringkanal gebildet wird, der von dem Blut durchströmt wird. Das Pumpenrad ist am einlaßseitigen Ende des Motors angeordnet und bildet zusammen mit einem Übergangsteil des Pumpengehäuses eine diagonal durchströmte Pumpe, die einen das Motorgehäuse ringförmig umspülenden, drallbehafteten Axialstrom erzeugt. Die Blutströmung erfolgt also im Bereich des Motors zwischen zwei stationären Teilen, nämlich dem Pumpengehäuse und dem Motorgehäuse, wodurch zusätzliche Scherbeanspruchungen des Blutes außerhalb des rotierenden Teils der Pumpenbeschaukelung vermieden werden. Der an dem Motorgehäuse entlangströmende Blutstrom bewirkt eine ständige Kühlung des Motors, solange die Pumpe arbeitet. Der Motor wird also durch das an ihm entlangströmende Blut gekühlt. Das Pumpengehäuse ist langgestreckt und im wesentlichen rohrförmig und ohne rotierend umlaufende Ringkanäle oder sonstige Verdickungen. Dies ermöglicht eine einfache und raumsparende Implantation in Herznähe unter Berücksichtigung der physiologischen Gegebenheiten.

Der axiale Blutstrom entlang des Pumpengehäuses kann eine Umfangskomponente aufweisen, wobei das Blut das Motorgehäuse schraubenförmig umströmt. Das Pumpengehäuse hat eine Länge von etwa 5 bis 10 cm und einen Außendurchmesser von etwa 2 bis 3 cm. Der Einlaß und der Auslaß sind, bezogen auf den Außendurchmesser des Pumpengehäuses, verjüngt ausgebildet.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Blutpumpe führt der Auslaß seitlich aus dem Pumpengehäuse heraus. Hierbei kann am auslaßseitigen Ende des Pumpengehäuses eine Stirnwand vorgesehen sein, die einen zu dem Auslaß führenden schraubenförmigen Kanal mit dem Winkel der dortigen Strömung enthält. Eine solche Blutpumpe eignet sich insbesondere für Patienten mit irreversiblen linksventrikulären Herzversagen. Dabei wird eine Anschlußstelle in den Ventrikel gelegt, so daß dieser durch Blutentnahme entlastet wird. Mit der Anschlußstelle wird der Pumpeneinlaß verbunden, während der Pumpenauslaß an die Aorta angeschlossen wird. Der um ca. 90° gegenüber dem Einlaß gewinkelte Auslaß dieser Ausführungsform ist physiologisch auch für eine Vorhof-Aorta Kanülierung günstig.

Der Anschluß des Blutpumpeneinlasses an den Vorhof kann nach der Entfernung des Anschlusses wieder verschlossen werden. Das Herz kann also seine eigenständige Arbeit wieder aufnehmen. Diese Methode wird dann bevorzugt, wenn die Möglichkeit einer langfristigen Herzerholung besteht oder die Pumpe als chronische Unterstützungspumpe des vermindert, aber noch aktiven Herzens dienen soll.

Bei einer anderen Ausführungsform der Blutpumpe führt der Auslaß axial aus dem Pumpengehäuse heraus.

Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform der Blutpumpe,

Fig. 2a und 2b schematische Darstellungen des Einlasses der Blutpumpe am Herzen, und

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der Blutpumpe mit axial gerichtetem Einlaß und Auslaß.

Die Blutpumpe BP nach Fig. 1 weist ein langgestrecktes, rohrförmiges Pumpengehäuse 10 auf, das an einem Ende mit einem Einlaßteil 11 versehen ist. Der Einlaßteil 11 weist einen Einlaß 12 auf, dessen Innendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des Pumpengehäuses 10. Im Einlaßteil 11 ist ein ringförmiger Übergangsteil 13 ausgebildet, der bogenförmig gestaltet ist und in einer S-förmigen Krümmung von dem Durchmesser des Einlasses 12 auf den Innendurchmesser des Pumpengehäuses 10 glatt und knickfrei überleitet.

An dem dem Einlaß 12 gegenüberliegenden Ende des Pumpengehäuses 10 befindet sich eine Stirnwand 14, die das Pumpengehäuse abschließt. An dieser Stirnwand 14 ist das Motorgehäuse 15 eines Motors 16 befestigt, bei dem es sich um einen Elektromotor handelt. Das Motorgehäuse 15 ragt aus der Stirnwand 14 heraus. Es ist vollständig abgedichtet, wobei die elektrischen Leitungen durch einen Durchlaß 17 des Motorgehäuses 15 hindurchgeführt sind.

Der Auslaß 18 befindet sich an einem Auslaßstutzen 19, der tangential von der Stirnwand 14 seitlich abgeht. Im Innern der Stirnwand 14 verläuft ein schraubenförmiger Kanal 20 in Richtung der drallbeaufschlagten Axialströmung von 21 bis zum Auslaß 18 mit ausschließlicher axialer Erstreckung.

In dem Einlaßteil 11 des Pumpengehäuses 10 ist ein Pumpenrad 22 angeordnet. Dieses besteht aus einer Nabe 23, von der Schaufeln 24 abstehen. Der Antrieb des Pumpenrades 22 erfolgt von dem Motor 16 über eine magnetische Kupplung, die als Stirndrehkupplung 25 oder Zentralschraubkupplung ausgebildet sein kann. Diese weist ein erstes Kupplungsteil 25a auf, das mit dem Rotor des Motors 16 verbunden und im Innern des Motor-

gehäuses 15 gekapselt angeordnet ist, und ein zweites Kupplungsteil 25b, das in der Nabe 23 des Pumpenrades 22 angeordnet ist. Beide Kupplungsteile 25a, 25b haben Magnete 28, die bewirken, daß bei einer Drehung des ersten Kupplungsteils 25a das zweite Kupplungsteil 25b mitdreht.

Das Motorgehäuse 15 ist mit einer magnetischen nichtleitenden Kappe 26 verschlossen, an welcher ein kombiniertes Axial/Radiallager 27 in Form einer Kugel abgestützt ist. Dieses Lager 27 stützt seinerseits die Nabe des Pumpenrades 22 ab. Die Magnete 28 der Stirndrehkupplung 25 erzeugen eine axiale Haltekraft, die größer ist als die beim Drehen des Pumpenrades 22 erzeugte Reaktionskraft, so daß das Pumpenrad 22 durch die Magnetkraft in Richtung auf den Motor 16 gezogen und gegen das Lager 27 gedrückt wird. Die axiale Haltekraft der Kupplung 25 wird zentral auf der Kappe 26 durch eine weitere axiale Lagerabstützung 25d in Verbindung mit dem Lager 27 kompensiert, so daß weder die Lager des Motors 26 noch die dünne Kappe 26 diese Kraft in ihrer Umfangswand 26b und auf der Stirnfläche 26a aufnehmen müssen.

Zur Zentrierung des Pumpenrades 22 auf der Einlaßseite ist in dem Einlaß 12 ein Armstern 29 befestigt, der einen axial in die Nabe 23 des Pumpenrades 22 eingreifenden Lagerzapfen 30 aufweist. An dem Armstern 29 befindet sich ein zentrisches Kopfstück 31, das den Lagerzapfen 30 umgibt und die axial einströmende Strömung geringfügig radial in Richtung der Nabe 23 ableitet.

Die Leitschaufeln 24 des Pumpenrades 22 haben an dem Anströmende 24a einen Außendurchmesser, der im wesentlichen dem Durchmesser des Einlasses 12 entspricht, so daß das Pumpenrad hier den gesamten Durchmesser des Einlaßkanals erfaßt. Im Anschluß an die Einlaßkanten 24a erfolgt ein konkav-bogenförmiger Umfangsbereich 24b, der dem Übergangsteil 13 des Pumpengehäuses mit geringem Abstand folgt. Daran anschließend haben die Pumpenschaufeln 24 einen Bereich 24c, dessen Durchmesser etwa so groß ist wie der Außendurchmesser des Motorgehäuses 15 an demjenigen Ende, das dem Pumpenrad 22 zugewandt ist. Der Außendurchmesser der diagonalen Pumpenschaufeln 24 wird so groß ausgeführt, wie es der Gesamtdurchmesser des Übergangsteils 13 erlaubt. Hierdurch kann die erforderliche, hydraulische Leistung bei einer vergleichsweise geringen Drehzahl (beispielhaft  $n \approx 7000$  U/min für  $V/t \approx 51$ /min und  $\Delta P \approx 100$  mm Hg) erzielt werden, was die Standzeiten der lagernden Komponenten der Pumpe erhöht.

Zwischen dem Pumpengehäuse 10 und dem Motorgehäuse 15 besteht ein Ringkanal 35, der sich in Längsrichtung erstreckt. Dieser Ringkanal 35 ist als Diffusor ausgebildet, indem sich seine Querschnittsfläche vom Einlaß zum Auslaß vergrößert. Dadurch entsteht eine Verlangsamung des Blutflusses und somit eine Druckerhöhung. Die Erweiterung der Querschnittsfläche des Ringkanals 35 wird durch entsprechende Veränderung der Wandstärken von Pumpengehäuse 10 und Motorgehäuse 15 erreicht.

Der Motor 16 bewirkt eine Rotation des Pumpenrades 22, dessen Schaufelräder 24 schraubenförmig gestaltet sind. Dadurch wird Blut aus dem Einlaß 12 axial angesaugt und mit einer rotierenden Umfangskomponente in den Ringkanal 25 gefördert. Von dort gelangt das Blut durch den schraubenförmigen Kanal 20, dessen Verlauf und Steigung demjenigen des rotierenden Blutstroms angepaßt ist zum seitlichen Auslaß 18.

Fig. 2a zeigt die Blutpumpe BP nach Fig. 1 in dem Zustand, in dem sie am Herzen eingesetzt wird. Der Einlaß 12 der Blutpumpe BP wird über einen Schlauch mit einem an der linken Herzkammer LV erzeugten Zugang 40 verbunden. In der Zeichnung sind die Aorta AO, die Aortenklappe 41, der linke Vorhof LA und die Mitralklappe 42 erkennbar. Der Auslaß 18 der Blutpumpe BP wird mit einem an der Aorta AO geschaffenen Zugang 43 verbunden.

Alternativ kann die Blutpumpe BP gemäß Fig. 2b über einen am Vorhof LA erzeugten Zugang 40a verbunden werden und Blut über einen Zugang 43a in die Aorta AO fördern.

Aus Fig. 2 ist erkennbar, daß der seitliche Abgang des Auslasses 18 von dem Pumpengehäuse 10 die Anordnung der Blutpumpe am Herzen und ihren Anschluß an das Herz/Vorhof einerseits und die Aorta andererseits erleichtert.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Blutpumpe ist der Auslaß 18 koaxial zum Einlaß 12 angeordnet. Er ist Bestandteil eines Auslaßteiles 50, der ähnlich wie der Einlaßteil 11 ausgebildet ist und einen bogenförmigen Übergangsbereich 51 aufweist, der von dem Ringkanal 35 zu dem Auslaß 18 in strömungsgünstiger Weise überleitet. Zu dem gleichen Zweck ist an dem rückwärtigen Ende des Motorgehäuses 15 ein sich in Strömungsrichtung stetig verjüngender Ansatz 52 vorgesehen.

Um das Motorgehäuse 15 zentrisch in dem Pumpengehäuse 10 zu halten, sind radiale Leitschaufeln 53, 54 vorgesehen, deren Funktion einerseits darin besteht, das Motorgehäuse zu halten, und andererseits darin, die rotierende Blutströmung zu leiten. Die Leitschaufeln 53 haben (in Bezug auf die Axialrichtung) einen relativ großen Anstellwinkel im Bereich 53a, der so gewählt ist, daß die Leitschaufeln 53 ohne Strömungsablösung angeströmt werden. Im hinteren Bereich 53b ist der Anstellwinkel kleiner. Hierdurch wird dem aus dem Pumpenrad 22 kommenden Blut ein Großteil der Rotationsenergie entzogen und gezielt in Druck umgewandelt. Die Leitschaufeln 54 haben einen geringeren Anstellwinkel. Die Anstellwinkel entsprechen im wesentlichen der Strömungsrotation an den jeweiligen Stellen.

Im übrigen ist die Blutpumpe von Fig. 3 in gleicher Weise ausgebildet wie die Blutpumpe nach Fig. 1. Sie ist mit einer Magnetkupplung 25 für den Antrieb des Pumpenrades 22 versehen. Alternativ besteht die Möglichkeit, das Pumpenrad 22 direkt mit der Motorwelle 16a zu verbinden, jedoch ist dann eine Wellendichtung am Motorgehäuse erforderlich.

#### Patentansprüche

1. Blutpumpe zum Unterstützen oder Ersetzen der Herzfunktion, mit einem Pumpengehäuse (10), in dem ein Motor (16), der ein Pumpenrad (22) antreibt, angeordnet ist und das an einem Ende einen Einlaß (12) und am entgegengesetzten Ende einen Auslaß (18) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor (16) ein in dem langgestreckten rohrförmigen Pumpengehäuse (10) enthaltenes, gegen den Blutstrom abgedichtetes, konzentrisch angeordnetes Motorgehäuse (15) aufweist und daß das Pumpenrad (22) an dem dem Einlaß (12) zugewandten Ende des Motorgehäuses (15) angeordnet ist und mit einem Übergangsteil (13) des Pumpengehäuses (10) eine Rotationspumpe bildet, die einen das Motorgehäuse (15) ringförmig umspülenden Axialstrom erzeugt, wobei der Axialstrom von sta-

tionären Wänden umspannt wird.

2. Blutpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (18) axial aus dem Pumpengehäuse (10) herausführt.

3. Blutpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (18) seitlich aus dem Pumpengehäuse (10) herausführt. 5

4. Blutpumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß am auslaßseitigen Ende des Pumpengehäuses (10) eine Stirnwand (14) vorgesehen ist, die einen zu dem Auslaß (18) führenden schraubenförmigen Kanal (20) enthält. 10

5. Blutpumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Motorgehäuse (15) frei absteht an der Stirnwand (14) befestigt ist. 15

6. Blutpumpe nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zum Auslaß führende schraubenförmige Kanal (20) in den Auslaß (18) überleitet, ohne den Durchmesser des Pumpengehäuses (10) zu vergrößern. 20

7. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Steigung des schraubenförmigen Kanals (20) derjenigen der drallbehafteten Strömung entspricht, so daß das Fluid stoßfrei in den Auslaß (18) übergeleitet wird. 25

8. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringkanal (35) zwischen Pumpengehäuse (10) und Motorgehäuse (15) als Diffusor ausgebildet ist, dessen Querschnittsfläche sich in Richtung auf den Auslaß (18) vergrößert. 30

9. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Ringkanal (35) zwischen Pumpengehäuse (10) und Motorgehäuse (15) Leitschaukeln (53, 54) angeordnet sind, die das Motorgehäuse (15) halten und eine schraubenförmige Schrägstellung aufweisen. 35

10. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der größte Durchmesser des Pumpenrades (22) wenigstens annähernd gleich dem größten Außendurchmesser des Motorgehäuses (15) ist. 40

11. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpengehäuse (10) über seine gesamte Länge eine im wesentlichen zylindrische Außenform hat, wobei ggf. der Einlaß (12) und/oder der Auslaß (18) verjüngt ausgebildet ist. 45

12. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Moment des Motors (16) über eine Magnetkupplung (25) auf das Pumpenrad (22) übertragen wird. 50

13. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Moment direkt vom Motor (16) über eine durchgehende Welle mit Dichtung auf das Pumpenrad (22) übertragen wird. 55

14. Blutpumpe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpenrad in Blut mechanisch (27, 63) zentriert wird.

15. Blutpumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpenrad (22) in Blut durch eine Kombination aus magnetischer und mechanischer Lagerung (27) zentriert wird. 60

16. Blutpumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Kraft der Kupplung direkt zentral auf der Kappe (26) kompensiert wird, wodurch dieses Bauteil und die Lager des Motors (16) axial deutlich geringer belastet werden. 65

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG.1

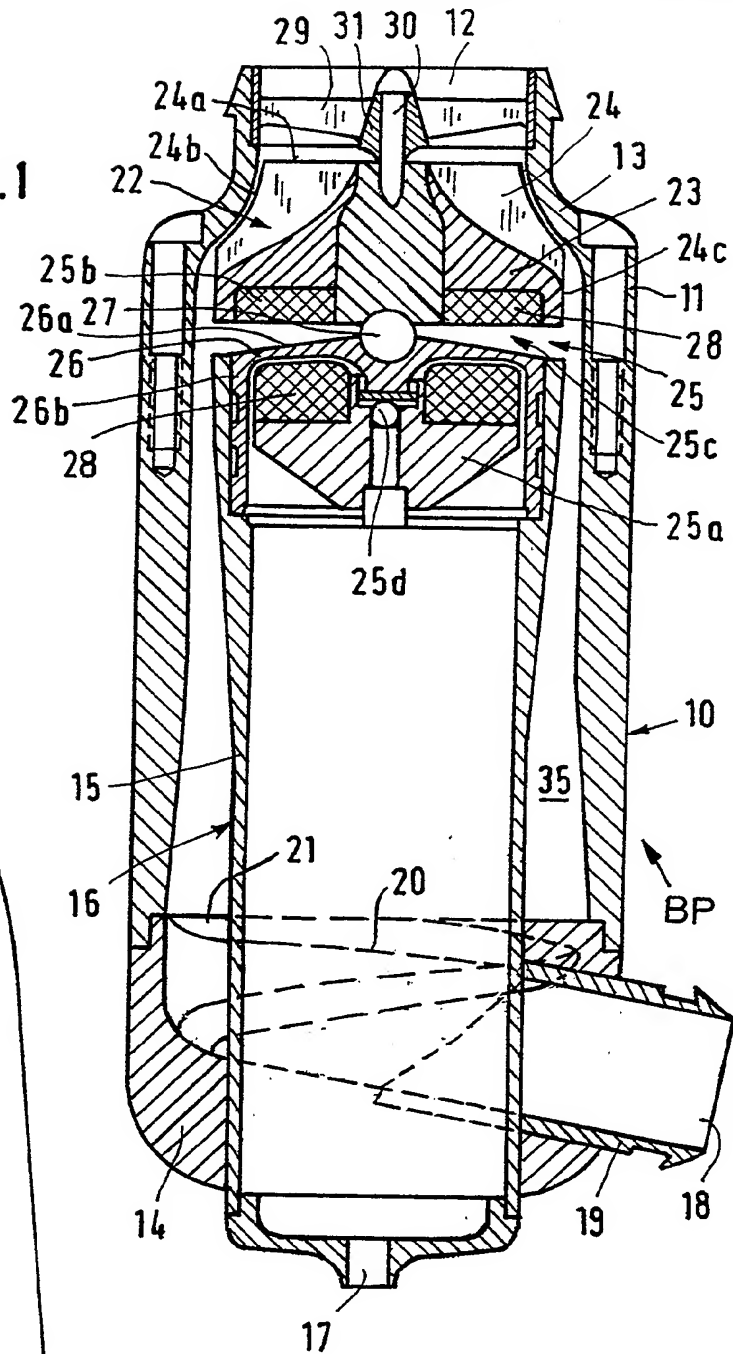
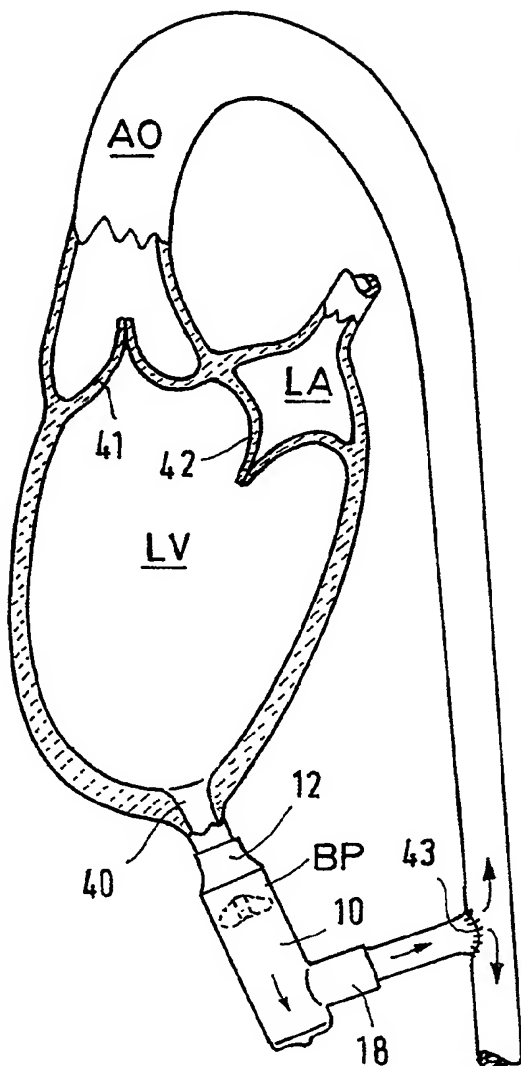


FIG.2a



**FIG. 2 b**

